

УДК 004: 378.146/.147

МОДЕЛЬ НАКОПЛЕНИЯ УСВОЕННЫХ ЗНАНИЙ И ПРИОБРЕТЁННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ОСНОВЕ КРИВЫХ НАУЧЕНИЯ

Овчинников А.А.*ФГОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь,
e-mail: alex.talking@mail.ru*

В настоящей статье рассматривается подход к моделированию накопления усвоенных знаний и приобретённых компетенций на основе кривых научения. Предложенная модель базируется на подходе к измерению усвоенной в ходе обучения полезной информации и позволяет описать логистический и итеративный процессы приобретения знаний, умений и владений, как обязательных составляющих компетенций, заявленных в рамках основных профессиональных образовательных программ, реализуемых в вузе. В статье изложены рекомендации по выбору тех или иных кривых научения для каждой компоненты формируемой компетенции в зависимости от содержательного наполнения изучаемых дисциплин. Данная модель легла в основу методики оценивания уровня сформированности компетенций, результаты использования которой были апробированы на ряде образовательных программ, реализуемых в ПНИПУ.

Ключевые слова: кривые научения, негэнтропия, компоненты компетенции, группы дисциплин

ACCUMULATION MODEL OF INTERNALIZED KNOWLEDGE AND ACQUIRED COMPETENCIES ON LEARNING CURVES

Ovchinnikov A.A.*Federal Educational Institution of Higher Education Perm National Research Polytechnic University,
Perm, e-mail: alex.talking@mail.ru*

This article discusses an approach to modeling the accumulation of internalized knowledge and acquired competencies through the learning curves. The proposed model is based on the approach to the measurement of internalized useful information during the training process and allows you to describe the logistic and iterative processes of acquiring knowledge, abilities and possessions, as the mandatory components of competencies stated within the confines of core competencies, implemented in high school educational programs. The article presents recommendations on the selection of various learning curves for each component of formed competence depending on the substantive content of disciplines. This model became the basis for estimating the level of competencies' completion, the results of which were tested on a number of educational programs in PNRPU.

Keywords: learning curves, negentropy, components of competence, groups of disciplines

Предыдущая модель, лежавшая в основе системы высшего образования при действии стандартов ГОС1 и ГОС2, базировалась на так называемой триаде ЗУН, в основе которой лежат три компонента: *знания, умения и навыки*. Под **знаниями** понимается некий объём информации, важной с профессиональной точки зрения. Знания приобретаются в форме лекций, дискуссий, рассказов, семинаров, самостоятельной работы с источниками информации и других форм мыслительной деятельности. **Умения** определяются как способность выполнять определённую деятельность на основе ранее приобретённых знаний. Умения формируются в ходе практических и лабораторных занятий, курсовых работ, практик, стажировок, дипломных работ и проектов. Доведёнными до автоматизма умениями являются **навыки**, которые достигаются тренингами и упражнениями.

В современном мире актуальной является проблема адаптации человека к постоянным и скоротечным изменениям. При данной ситуации предыдущая парадигма

высшего образования, звучавшая как *образование на всю жизнь* и подразумевавшая под главной целью высшей школы приобретение человеком всех необходимых знаний, умений и навыков раз и на всю жизнь, более не соответствует реальности. На смену предыдущей приходит новая парадигма, которая звучит как *образование через всю жизнь*.

Новое поколение стандартов образования (ФГОС3 и позже) основывается на компетентностной модели. Компоненты компетенции определяются как **триада ЗУВ: знания, умения, владения** – логичный переход от ЗУНовской образовательной модели в сторону практиконаправленности современного обучения. Под **владениями** понимаются начальные стадии проявления компетенции как комплексного качества обучающегося, характеризующегося сформированностью алгоритмов действий по актуализации некоторой совокупности компонентов данной компетенции. Говоря другими словами, владения – это способность ориентироваться в принципиально новых ситуациях, способность самостоятельно

ставить и решать задачи, которые не рассматривались в ходе освоения образовательной программы, а также способность добывать новые знания.

Материалы и методы исследования

Компетенции являются сложными и многогранными понятиями, зачастую имеющими неоднозначно понимаемую формулировку, что порождает определённые сложности при измерении сформированности той или иной компетенции. Чтобы оценить результат освоения компетенции производится её декомпозиция до уровня возможности измерения получаемого результата.

Наиболее простой способ получения комплексной оценки уровня сформированности отдельной компетенции – это простое осреднение всех итоговых оценок промежуточной аттестации, полученных студентом при освоении дисциплин (практических разделов), которые участвуют в формировании данной компетенции. Подобный подход является достаточно распространённым во многих вузах. Однако такой подход не позволяет получить объективную оценку в силу принятых гипотез равнозначности всех оценок и линейности свертки.

Для того чтобы избежать равнозначности вклада различных дисциплин при линейном свертывании частных оценок, возможно введение весовых коэффициентов, учитывающих важность каждой дисциплины (например, с учетом объема трудоемкости дисциплины) при формировании соответствующей компетенции. Однако, это, во-первых, требует субъективных оценок весовых коэффициентов, а во-вторых, такой подход не учитывает нелинейность процесса формирования компетенции и особенности освоения учебного материала при изучении различных дисциплин (практических разделов) образовательной программы.

Недостаток *линейного* свертывания можно исключить использованием нелинейных свертков, в частности матричных, которые учитывают предпочтения экспертов на влияние каждой частной оценки конкретных дисциплин на общий уровень сформированности компетенции. Однако это требует дополнительной экспертизы, что затрудняет применение данного подхода в условиях учебного процесса вуза.

Можно избежать всех перечисленных сложностей, применив методику, которая основана на построении *кривых научения* (КН), позволяющих учитывать как нелинейность процесса формирования компетенции, так и особенность достижения образовательных результатов в рамках освоения отдельных дисциплин.

Формирование компетенции у обучающегося приводит к повышению упорядоченности его знаний в некоторой предметной или межпредметной области, т.е. к снижению энтропии обучаемого за счёт получения и усвоения полезной информации – **негэнтропии**. В данной работе предлагается сопоставлять текущий уровень сформированности компетенции с количеством информации, накапливаемой у студента в ходе образовательного процесса и измеряемой в зачётных единицах или академических часах. При этом очевидно, что процесс накопления негэнтропии разный для каждой дисциплины и имеет нелинейный характер. В общем виде количество накопленной негэнтропии может быть записано в следующем виде:

$$\bar{E}_{ij} = f_{ij}(T_j, x_j), \quad (1)$$

где \bar{E}_{ij} – количество приобретённой студентом негэнтропии при освоении дисциплинарной компетенции; T_j – трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах или академических часах; x_j – балл, полученный студентом за освоение дисциплины; f_{ij} – кривая «научения», определяемая для каждой j -ой дисциплины при формировании i -ой компетенции в зависимости от сложности учебного материала к усвоению студентом, данная зависимость представлена на рис. 1.

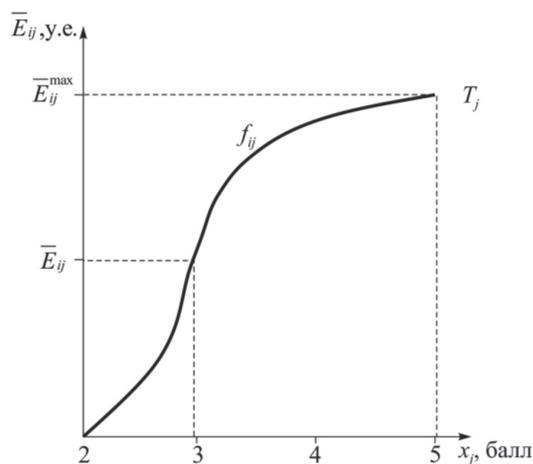


Рис. 1. Зависимость количества информации при формировании i -й компетенции от трудоёмкости j -й дисциплины и оценочных данных x_j

В представленной статье рассматриваются два процесса усвоения полезной информации в ходе обучения: итеративный и логистический. В итеративном процессе заложена гипотеза о том, что скорость усвоения информации пропорциональна скорости её поступления и уменьшается с ростом уже усвоенной информации, тогда данный процесс описывается следующим уравнением:

$$\frac{dy}{dt} = \alpha \frac{dI}{dt} - \beta y; \quad 0 < \alpha < 1; \quad \beta > 0, y(0) = y_0, \quad (2)$$

где t – время обучения, y – количество усвоенной полезной информации на момент времени t , I – количество поступившей полезной информации на момент времени t , α – коэффициент усвоения полезной информации, β – коэффициент забывания ранее усвоенной информации. Приняв гипотезу о том, что количество информации, поступающей в единицу времени, постоянно, и решив (2), получаем следующее соотношение, характеризующее экспоненциальную кривую научения (рис. 2, сверху):

$$y(t) = y_{\max} + (y_0 - y_{\max}) \exp(-\beta t), \quad t \geq 0, \quad \beta > 0, y_{\max} > y_0, \quad (3)$$

где t – время обучения, $y(t)$ – уровень накопленной негэнтропии на момент времени t , y_0 – начальное значение количества негэнтропии, y_{\max} – максимально возможное значение накопленной негэнтропии,

β – некоторая неотрицательная константа, определяющая скорость обучения.

Логистический процесс формирования умений и владений у студентов предполагает наличие необходимых знаний, от объема которых зависит скорость обучения методам решения поставленных задач. Кроме того, эта скорость также определяется относительным объемом ещё неосвоенной необходимой информации для применения полученных знаний при решении практических задач. Тогда процесс формирования умений и владений у студентов можно описать следующим уравнением:

$$\frac{dy}{dt} = \alpha y \left(\frac{I - y}{I} \right). \quad (4)$$

Решая (4) методом разделения переменных, получим зависимость, характеризующую логистическую кривую научения (рис. 3):

$$y(t) = y_{\max} y_0 / (y_0 + (y_{\max} - y_0) \exp(-\alpha t)), \quad t \geq 0, \\ \alpha > 0, \quad y_{\max} > y_0. \quad (5)$$

В отличие от экспоненциальной логистическая кривая научения [7] (рис. 2, снизу) характеризуется наличием начального пологого участка накопления учебной информации, после которого происходит резкое увеличение скорости усвоения информации.

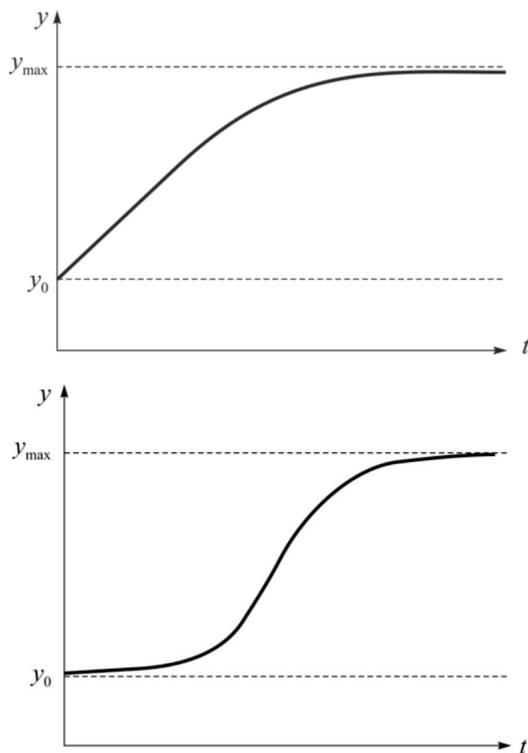


Рис. 2. Экспоненциальная и логистическая кривая научения

Компетенция как междисциплинарная величина формируется в рамках изучения нескольких дисциплин [1–3]. При этом кривые научения формирования части компетенции в рамках одной дисциплины, в силу принятой гипотезы аддитивности, будут иметь такой же вид, как для всей компетенции в целом. А это

значит, что процесс формирования компетенции происходит во времени и, следовательно, формирование каждого компонента характеризуется многоэтапной кривой научения. Складывая уровни наученности покомпонентно (по знаниям, умениям и владениям), можно получить обобщённую кривую [5], качественный вид которой представлен на рис. 3.

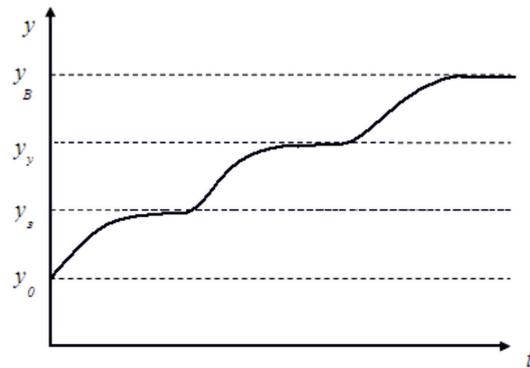


Рис. 3. Кривая научения при формировании профессиональной компетенции

В работе [6] представлена иерархия компетентностной модели бакалавра и магистра, в рамках которой выделены отдельно гуманитарные, социальные и экономические (ГСЭ) компетенции, математические и естественнонаучные (МЕН) компетенции и профессиональные (П) компетенции.

Исходя из предложенной иерархии, в статье предлагаются следующие виды кривых научения для каждой группы компетенций. Для ГСЭ все компоненты компетенции могут быть описаны экспоненциальными зависимостями, это объясняется тем, что при формировании данных компетенций процесс приобретения знаний, умений и владений происходит быстрее, чем в дальнейшем, вследствие возрастающего объема информации, необходимой для обработки и получения новой информации. Для компетенций, формируемых в рамках дисциплин МЕН цикла, два первых этапа можно описать экспоненциальной кривой, а последний – логистической. Это связано с тем, что для формирования знаний и умений таких дисциплин используется итеративный метод обучения, приводящий к более высокой скорости наученности студентов в начальный период времени, при изучении дисциплин МЕН цикла у студентов всегда наблюдается первоначальная стадия адаптации полученных знаний и умений, связанная с выработкой новых способов выполнения действий и подготовкой к переходу на качественно новый способ овладения методами исследования, а это приводит к некоторой задержке в формировании владений, что, в свою очередь, может быть описано логистической кривой научения. Для компетенций, формируемых в рамках профессионального цикла, уже на этапе формирования умений у студентов наблюдается период осознания полученных междисциплинарных знаний и выработки способов и методов их использования при решении даже стандартных задач профессиональной деятельности. Поэтому этап формирования знаний описывается экспоненциальной кривой научения, а этапы формирования умений и владений – логистическими кривыми научения.

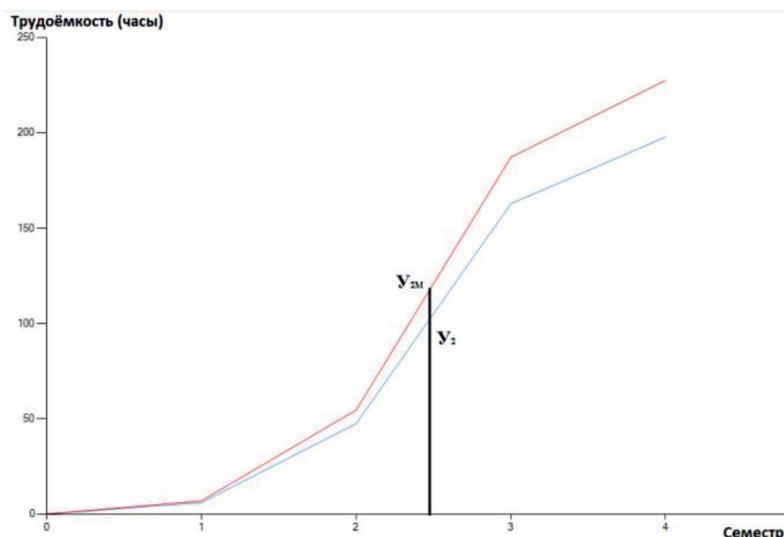


Рис. 4. График освоения компетенции ПК-19

Результаты исследования и их обсуждение

Для эффективного управления образовательными процессами вуза возникает необходимость в постоянном контроле формирования компетенций студентов на любом этапе освоения основной профессиональной образовательной программы. В качестве примера рассмотрим формирование компетенции ПК-19 «Способность формулировать цели, задачи научных исследований, выбирать методы и средства решения задач» по направлению подготовки магистров 27.04.04 «Управление в технических системах». Как показано на рис. 4, можно отследить уровень освоения компетенции ПК-19 одним из студентов в любой момент времени, где верхний график соответствует максимально возможному уровню освоения компетенции, а нижний – уровню освоения компетенции студентом. Из графика видно, что в середине третьего семестра уровень освоения компетенции студента Y_2 составляет 121 час, в то время как максимально возможный уровень сформированности Y_{2M} составляет 132 часа, а это означает, что студент усвоил 92% объема информации, предоставленного в рамках формирования компетенции ПК-19 к середине третьего семестра.

Заключение

Предложенная модель накопления знаний и приобретённых компетенций на основе кривых научения легла в основу методики оценивания уровня сформированности компетенций, описанной в работе [4]. Разработанная методика реализована в рамках прототипа автоматизированной информационной системы оценивания (АИСО) [8] результатов образования и позволяет про-

изводить комплексное оценивание уровня сформированности компетенций студентов учебных групп и направлений подготовки. Разработанный прототип информационной системы оценивания результатов образования предоставляет широкие возможности для непрерывного контроля формирования компетенций студентами на всех этапах освоения учебной программы вуза, что является неотъемлемой частью эффективного управления образовательными системами.

Список литературы

1. Гитман Е.К., Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Столбова И.Д. О концепции разработки новых федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования // Высшее образование в России. – 2014. – № 5. – С. 46–54.
2. Гитман М.Б., Гитман Е.К., Тебеньков К.А. Методика применения современных механизмов и инструментов контроля сформированности инновационной компетентности при подготовке научно-педагогических кадров высшей квалификации // Теория и практика общественного развития. – 2013. – № 12. – С. 215–224.
3. Гитман М.Б., Данилов А.Н., Столбов В.Ю., Южаков А.А. Модели сетевого взаимодействия вузов при подготовке кадров высшей квалификации // Университетское управление: практика и анализ. – 2012. – № 3. – С. 69–73.
4. Данилов А.Н., Овчинников А.А., Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Об одном подходе к оцениванию уровня сформированности компетенций выпускника вуза // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. URL: www.science-education.ru/120-15324 (дата обращения: 20.05.2017).
5. Данилов А.Н., Столбов В.Ю., Гитман М.Б., Харитонов В.А. Управление образовательной деятельностью многопрофильного технического университета на основе негнотропийного подхода. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. – 162 с.
6. Козлов В.Н. Интеллектуальные технологии и теория знаний. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2012. – 157 с.
7. Новиков А.М. Процесс и методы формирования трудовых умений: профпедагогика. – М.: Высшая школа, 1986. – 288 с.
8. Овчинников А.А., Гитман М.Б. Автоматизированная система оценки уровня сформированности заявленных компетенций студента технического вуза // Вестник Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова. – 2016. – № 1. – С. 65–68.